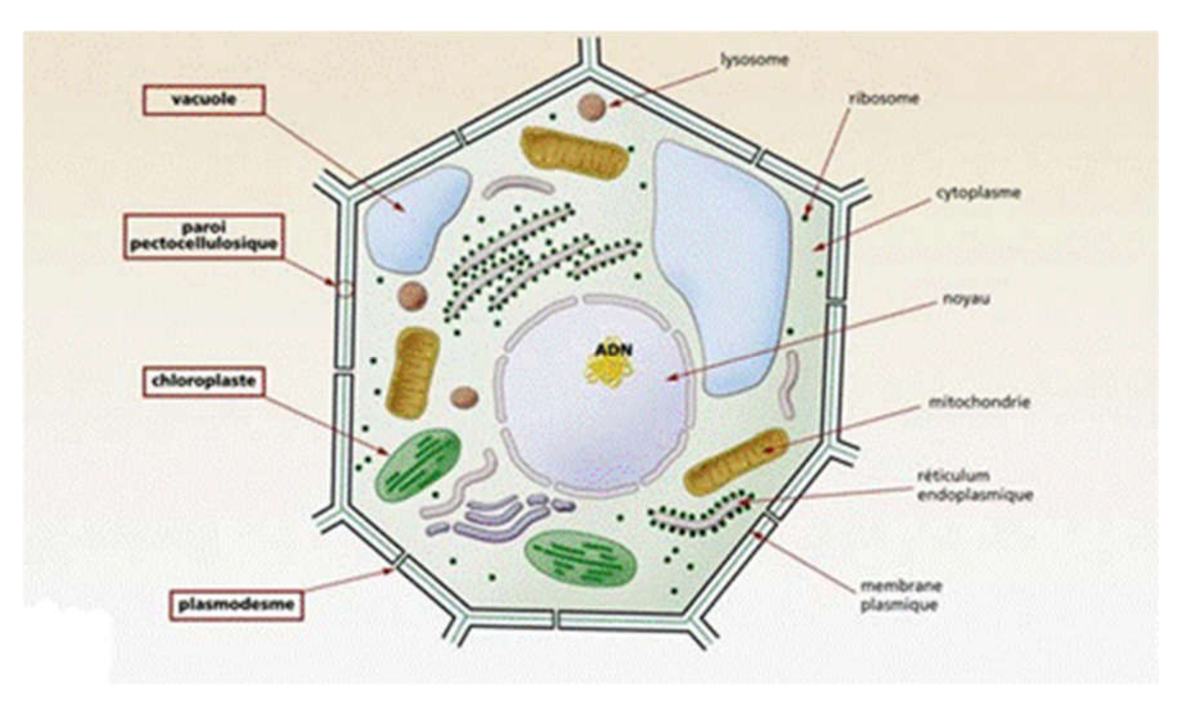
BOTANIQUE

Organisation des végétaux

Généralités

- Autotrophie
  - Chloroplastes : Photosynthèse (Dégagement 0_2)
  - Végétaux indispensables à toutes vies animales
- Paroi pecto-cellulosique
  - Immobilité : Fixation au sol (Racines)
  - Plus grande facilité d'adaptation
- Faible différenciation
  - Peu d'organe : Racines, tiges, fleurs : fruits
  - Un seul appareil : appareil conducteur de sèves
  - ✓ Plasticité : faculté d'adaptation liée à une faculté de régénération
  - ✓ Multiplication végétative importante
  - ✓ Totipotence (Plusieurs pouvoirs : peut reformer un individu)
  - ✓ Croissance indéfinie (Méristème = cellule se divisant en continue)

Les principaux constituants



Les grandes divisions du règne végétal

<table>
<tr><td colspan="5">Plantes aquatiques (Algues)</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Plantes Terrestres</td><td>Plantes non vascularisées</td><td colspan="3">BRYOPHYTES</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Plantes vascularisées</td><td colspan="3">PTERIDOPHYTES</td></tr>
<tr><td rowspan="4">SPERMATOPHYTES (Plantes à graines)</td><td colspan="2">GYMNOSPERMES (Plantes à ovules nues)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">ANGIOSPERMES (Plantes à ovaires)</td><td>PALEODICOTS</td></tr>
<tr><td>MONOCOTS</td></tr>
<tr><td>EUDICOTS</td></tr>
</table>

Les différentes unités de la classification

Les végétaux sont organisés en catégories hiérarchisées

- ECOFGE
  - Embranchement
  - Classe
  - Ordre (-ales)
  - Famille (-acées) ou (-aceae)

- Genre (Majuscule)
- Espèce (Minuscule)

La nomenclature binomiale : Carl Von Linné (1707-1778)
Définit chaque espèce par :
- Nom du genre : *Rosa* ou <u>Rosa</u>
- Nom d'espèce : *Camina* ou <u>Camina</u>

Exemples : Rosa camina
Rosa arvensis
Nom de genre : Rose
Nom d'espèce : R. des chiens, R. des champs

La notion d'espèce
- Critère de ressemblance et d'interfécondité
  « L'espèce est la collection des individus nés les uns des autres, ou issus de parents communs, et de tous ceux qui leur ressemblent autant qu'ils se ressemblent entre eux » Cuvier
- Variabilité de l'espèce : Notion d'évolution
  « L' 'espèce est l'ensemble des individus qui ne sont pas encore assez différenciés pour cesser d'avoir des descendants communs » Gaudey

Charles Darwin (1809-1882)
- 2009 : Année de Charles Darwin (Bicentenaire de sa naissance)
- 1859 : publie « *L'origine des espèces* »

Processus apparentés :
- ✓ Apparition de nouvelles espèces
- ✓ Adaptation

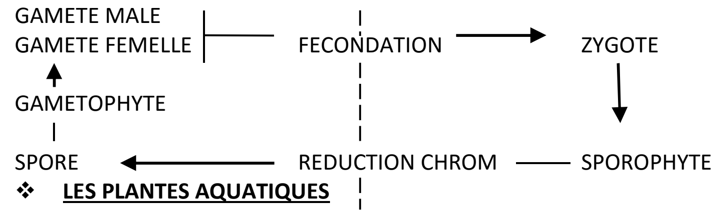
Les espèces descendent par des modifications graduelles d'espèces ancestrales
L'évolution repose sur la « Sélection naturelle »

Les différentes classifications
- 1735 : Artificielles (Linné), basées sur des caractères arbitraires
- 1758 : Naturelles (B. de Jussieu), prennent en compte plusieurs critères morphologiques (Monocotylédones et Dicotylédones)
- 1988 : Phylogénétiques (Cronquist), intègrent l notion d'évolution (Liliopsida et Magnoliopsida divisé en sous classes)
- 1998 : Moléculaires (Angiosperm Phylogeny Group : APG) (Chase)
  La clasidique (Du grec Klados "branche") vise à déterminer : « qui est apparent à qui », « qui descend de qui »

Cladogramme de l'Angiosperm Phylogy Group (APG)

Notions élémentaires sur les végétaux eucaryotes
Plantes aquatiques, plantes terrestres
- Majoritairement pluricellulaires
- Compartimentation
- Noyau typique
- Division cellulaires
  Mitose 2n → 2n
  Méiose 2n → n Reproduction sexuée

Le cycle de développement des végétaux eucaryotes



❖ **<u>LES PLANTES AQUATIQUES</u>**

Les algues

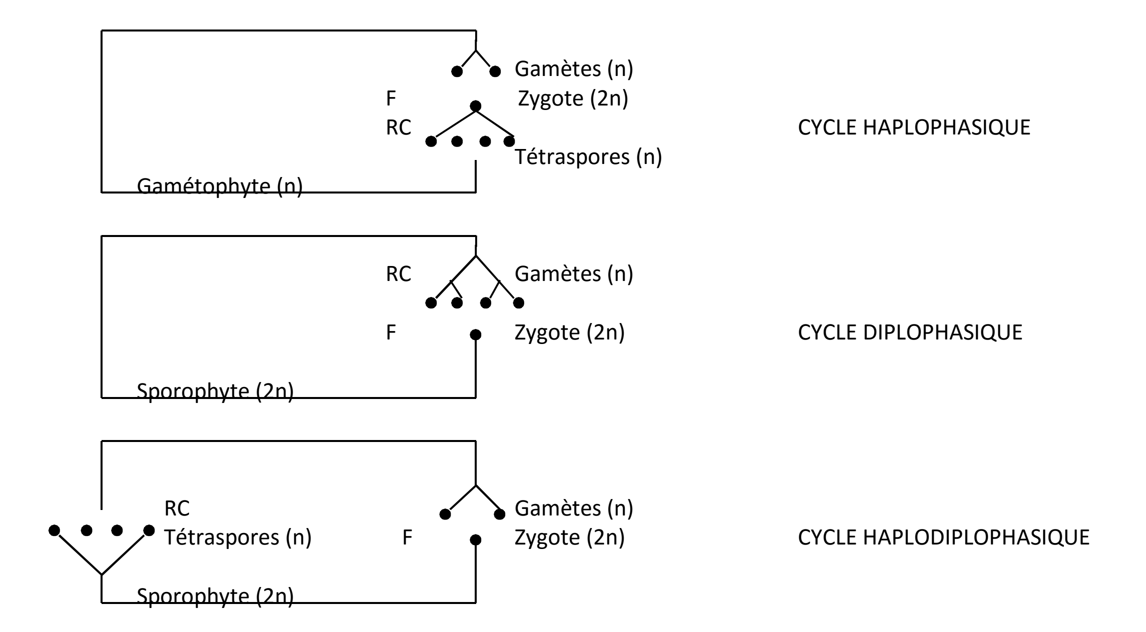
- Plantes aquatiques ou vivant habituellement dans des milieux humides
- Différenciation cellulaire encore peu poussé
  - Nombreux organismes encore unicellulaires
  - Pas de véritables tissus et organes : on est loin de la complexité anatomique et morphologique des plantes terrestres
    File de cellules accolées les uns aux autres
    Ramification dichotomique
    Thalle

Lame foliacée

- Classification
  - Algues vertes : Chlorophylle
  - Algues rouges : Phycoérythrine
  - Algues brunes : Fucoxanthine
- Diversité des cycles de développement
- Variabilité de l'alternance des générations
- Gamétocyste (Poche productrice de gamètes)
- Diversité des modalités de la reproduction sexuée
  - Isogamie (Le gamète male est identique au gamète femelle)
  - Hétérogamie (Gamète différent)
    Oogamie (Une gamète a un flagelle)
    Cystogamie (Le gamète male et le gamète femelle n'ont plus de flagelle : Tube de conjugaison)

Les différents cycles de développement

- Cycle haplophasique (Considéré comme archaïque) (Ex : Spirogyre) (Le zygote subit directement la RC)
- Cycle diplophasique (Ex : Fucus) (Le plus évolué : Ne passe pas par l'étape spore)
- Cycle haplo-diplophasique (Ex : Laminaire) (Le zygote se subit pas directement la réduction chromatique)



Le gamétocyste se transforme intégralement en éléments reproducteurs
Gamétocyste = Sac de gamètes délimitées par une membrane

❖ **<u>LES PLANTES TERRESTRES</u>**
Adaptation à l'habitat terrestre

Au niveau de l'appareil végétatif

- Formation d'un axe dressé (Favorise la captation de l'énergie lumineuse)
- Différenciation en tissus/organes
  - Racines (Fixation au sol, nutrition)
  - Tiges
  - Feuilles (Photosynthèse)
- Appareil vasculaire conducteur de sève (Double conduction : vers haut/bas)
  - Xylème (Sève brute)
  - Phloème (Sève élaborée) (Riche en glucide)

Au niveau de l'appareil reproducteur

- Formation de gamétanges : Archégones, anthéridies
  La cellule à l'origine des gamètes donne d'abord un certain nombre de cellules d'enveloppe, lesquelles protègent les gamètes du milieu extérieur : Adaptation au milieu aérien

- L’unité du groupe, c’est son cycle de développement
  Contrairement aux plantes aquatiques, l’alternance de générations est constante
- Classification
  - Bryophytes
  - Ptéridophytes
  - Spermatophytes

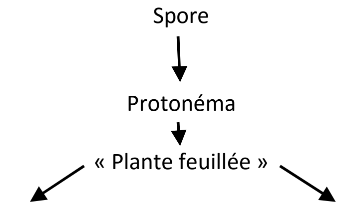
Le gamétange : Véritable organe producteur de gamètes dont la paroi est formée par une assise de cellules stériles

Gamétange (Plantes terrestres)
Gamétocyste (Plantes aquatiques)
<u>BRYOPHYTES</u>
Mousses, Sphaignes, Hépatiques

Petites plantes terrestres des lieux humides caractérisées par leur cycle de développement

- Plantes non vascularisées (Pas d’appareil de conducteur de sève, donc petites tailles 15 cm max)
- Végétaux peu différenciés
  - Pas de racines vraies, ce sont des rhizoïdes
  - « Fausses feuilles » et « fausses tiges »
  - Absence de stomates (Mousses, Sphaignes)
  - Parfois un thalle (Hépatiques)
- Appareil végétatif à n chromosomes
  - Végétaux de petite taille

Cycle de développement des bryophytes



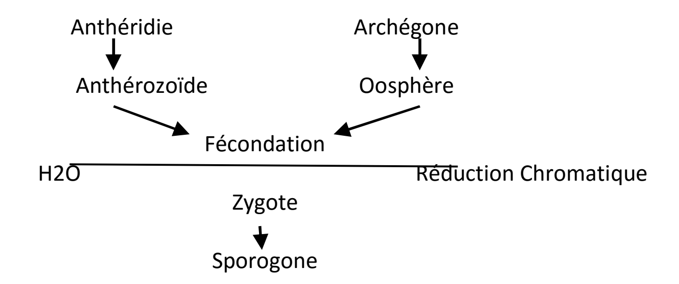


Schéma d'un sporogone

Rappels sur les Bryophytes :

- Végétaux non vascularisés
- Appareil végétatif peu différencié
  Axe dressé avec des appendices latéraux
- Phase gamétophytique dominantes/phase sporophytique
  Végétaux de petite taille
- « Plante feuillée », c'est le gamétophyte
- Le sporophyte vit en parasite sur le gamétophyte
- Nécessité absolue d'eau lors de la fécondation
  Pour compenser la faiblesse de la reproduction sexuée
- Multiplication végétative très fréquente (Propagules)
- Propriété de reviviscence
- Importance
  - Régulation de l'eau
  - Premières plantes colonisatrices
  - Indicateurs de pollution

LES PLANTES VASCULARISEES

400 000 millions d'années

La position dressé est renforcée par :

- Acquisition d'un appareil conducteur de sève
  - **Tubes criblés du PHLOEME**
    Tissu conducteur de sève élaborée
  - **Vaisseau du XYLEME**
    Tissu conducteur de sève brute (Eau + sels minéraux)
    Dépôt de Lignine au niveau des parois des cellules
    Provient de la polymérisation de composés aromatiques
    Substance hydrophobe très résistante à la compression
    Rigidité

L'acquisition de cet appareil conducteur est corréler avec :

- Apparition de racines
  - Puisent l'eau et les sels minéraux dans le sol
  - Parfois entrent en symbiose avec des champignons : Mycorhizes
  - Absorption des nitrates (Apport d'azote)
- Apparition de feuilles : Stomates (Echange hydriques et gazeux)
  - L'évaporation foliaire est le principal facteur de la montée de sève
  - L'Endoderme de la racine fonctionne comme un moteur accessoire temporaire

L'adaptation à la vie terrestre s'est également accompagnée avec :

- **La différenciation de nombreux tissus**
  - Revêtement : Cuticule protectrice (Dessiccation, attaques virales…)
  - Soutien (Fibres)
  - Sécréteur (Co-évolution avec les animaux, obture les plaies…)

L'organisation complexe des plantes vascularisées est rendue possible :

- **Zones de croissance appelées Méristèmes** (Zone de cellules embryonnaires qui se divisent en continu)
  - Croissance en longueur par des Méristèmes Primaires

- Croissance en épaisseur par des Méristèmes Secondaires
  → Ex de méristème secondaire : le Cambium (Tissu conducteur), le Phellogène (Tissu de conduction)

- Sporophyte est dominant : Plante feuillé
  - Plus grand et structuralement plus complexe que le gamétophyte
  - Indépendant vis-à-vis du gamétophyte
  - Porte de nombreux sporanges à maturité
- Homosporie → Hétérosporie
  - Homosporie : Gamétophytes bisexués
  - Hétérosporie : Gamétophytes unisexués
    → Sera de mise chez les plantes à ovaires
- Evolution du gamétophyte
  - Réduction progressive de la taille et de la complexité
  - Anthéridie et archégone deviennent même virtuels chez les Angiospermes
- Apparition de la graine
  - A partir des Spermatophytes

PTERIDOPHYTES

Fougères et alliées

Prêles (Un seul genre), Lycopodes (Plantes toujours vertes) et Sélaginelles (Principalement tropicales)

- Plantes vivaces par un **rhizome**
  Tige souterraine horizontale
- Plantes généralement de petite taille aimant **les lieux humides et ombragés caractérisées par leur cycle de développement**
- Plantes dominantes au Carbonifère
  - Jusqu'à 35 m de haut
  - Ramification dichotomique
  - Aujourd'hui fossilisées
  - Réserves houillères et de charbon
    Essor industriel du XIXème, ressource énergétique importante
- Plantes arborescentes dans les forêts tropicales humides
- Poussent dans les sous-bois de nos forêts

FOUGERES

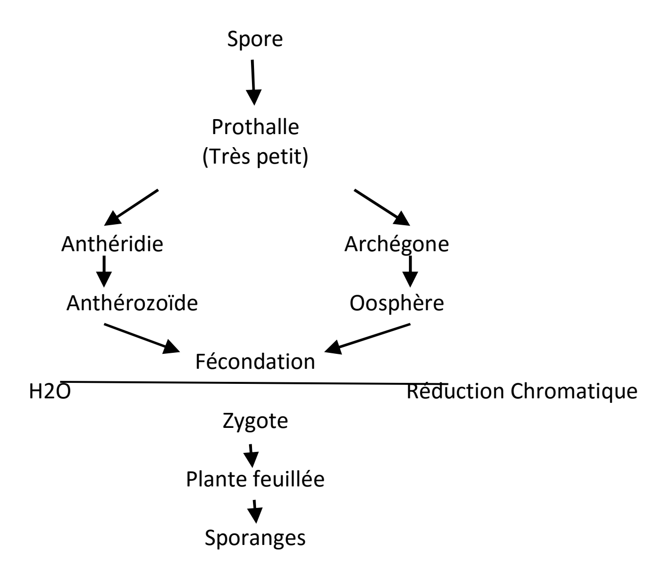
Rhizome

Préfoliaison en crosse

Feuilles de grande taille appelées **Frondes** portant, à la face inférieure, les Sporanges réunis en plages nommées **Sores** protégées ou non par une membrane, **l'Indusie**

PRELES
Un seul genre : Equisetum
Rhizome
Feuilles réduites à des écailles : aspect « queue de cheval »
Rameaux aériens de deux types :
Rameaux stériles, ramification verticillée
Rameaux fertiles, épis sporangifère
Lycopodes et Sélaginelles

Cycle de développement des ptéridophytes



Grandes lignes du cycle de développement des Ptéridophytes

- Sporophyte est très développé et correspond à la plante feuillée
  - Organismes à 2n chromosomes
  - Végétaux de plus grande taille
  - Différenciation poussée
- Gamétophyte rudimentaire réduit au prothalle
- Anthérozoïdes ciliés nageurs
- Fécondation encore tributaire de la présence d'eau

Fougère : Sexualisation lors de la production des gamétanges (Anthéridie et archégone)
Prèles : Sexualisation après Spore (Prothalle mal et prothalle femelle)
Sélaginelles : Sexualisation précoce : Dès la fabrication des sporanges (Microspore et macrospore)

Variantes évolutives

Appareil reproducteur

Evolution →

FOUGERES	PRELES	SELAGINELLES
Isosporie Isoprothallie	Isosporie Hétéroprothallie	Hétérosporie Hétéroprothallie
Prothalle important	Petits prothalles Mâle et femelle	Prothalle réduit A quelques cellules (Macrospore) Et à une seule cellule (Microspore)
Sporanges regroupés En sores protégés ou non par une indusie	Epis sporangifères (=Feuilles spécialisées)	

Appareil végétatif

← Evolution

FOUGERES	PRELES	SELAGINELLES
Grandes frondes	Petites écailles	Petites feuilles uninervées
Ramification latérale	Ramification verticillée	Ramification dichotomique

Bilan

- Premiers végétaux terrestre dont la plante feuillée possède 2n chromosomes pouvant donc atteindre de grandes tailles et être très différenciés
  - Racines et appareil vasculaire (Xylème, Phloème)
  - Plantes vivaces par un rhizome
  - Vraies feuilles (appelées Frondes chez les Fougères) et vraies tiges
  - Ramifications verticillées ou dichotomiques
- Asynchronisme dans l'évolution des appareils végétatifs et reproducteurs
- Point faible : nécessité d'eau pour faire la fécondation

Importance :

- Plantes décoratives
- Rôle des espèces fossiles dans la formation de la houille et du charbon

SPERMATOPHYTES
Plantes à graines

Trois innovations majeures

- Ovule : **Macrosporange (+/- écailles ou feuilles protectrices) ET macrospore prothallisée**
- Graine : Provient de la transformation de l'ensemble. **Macrosporange-macrospore prothallisée ET jeune embryon**
- Fécondation non tributaire de l'eau extérieure
  Apparition du **tube pollinique** à partir des *Conifères*
- Classification :
  - Gymnospermes
  - Angiospermes

Appareil vasculaire

Appareil reproducteur

- Hétérosporie
  Spore ♂ = Microspore
  Spore ♀ = Macrospore
- Sporanges portés par des feuilles spécialisées
  Microsporange + Feuille → Feuille sporangifère ♂
  Macrosporange + Feuille → Feuille sporangifère ♀
  Nouvelle dénomination :
  Feuille sporangifères ♂ = **Etamines** (Produit microsporange = **Sacs polliniques**)
  Feuilles sporangifères ♀ = **Ecailles ovulifères** (Produit macrosporange)

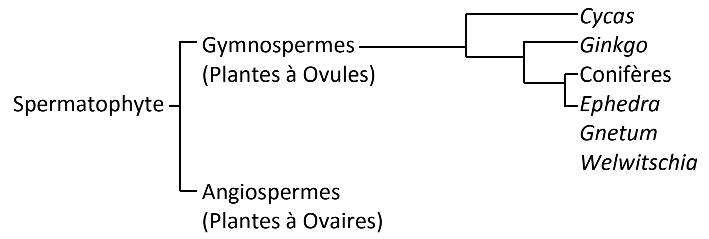
- Apparition de l'ovule
  Macrosporange (+/- écailles)
  \+ Macrospore ♀
  \+ Prothalle ♀

- Apparition du grain de pollen
  Microspore ♂ + Prothalle ♂

- Pollinisation
  Dissémination des éléments reproducteurs se fait à l'état de grains de pollen
  Pollinisation anémophile → Pollinisation entomophile

GYMNOSPERMES
Les plantes reliques
Les *Cycas* et alliées (Dans les pays chaud uniquement, allure de fougère arborescente)
Le *Ginkgo biloba* Arbre décoratif, feuille divisée en 2 lobes)

Cladogramme des Gymnospermes



Appareil végétatif :

Cycas
- Traits primitifs
    - Port de Fougère
    - Enroulement en crosse des feuilles
    - Vaisseaux à ponctuations scalariformes
- Traits de gigantisme
    - Très grandes feuilles
    - Fort diamètre des troncs
    - Ovules gros comme des œufs de pigeon
    - Anthéroïdes perceptibles à l'œil nu

Ginkgo biloba
- Port +/- conique, feuilles caduques 40 m en 2000 ans
- Espèce dioïque (Difficile de différencier les sexes)
  Pied mâle et pied femelle
- Feuille lobée ou en forme d'éventail (Dépend de l'âge de l'arbre)
- Ramification dichotomique des nervures des feuilles
  Traduit l'ancienneté du groupe
- Arbre qui pond des œufs
  Dissémination des ovules

Historique :
- Fossile vivant, le survivant
  A résisté au passage de l'ère secondaire à l'ère tertiaire
- Immunité naturelle à l'égard des parasites habituels (Jamais malade)
  Acidité des feuilles ou avantage génétique ?
- Résistant à la pollution chimique (Urbaine et industrielle)
- Arbre aux quarante écus

Thérapeutique : (Extrait de feuilles)
- Flavonoïdes : Insuffisances circulatoires veineuses
- Terpènes (Ginkgolides) : Anti-inflammatoires

Appareil reproducteur :
Cycas Ginkgo
- Cycle de développement identique à celui des Sélaginelles
  Sauf que la macrospore n'est plus disséminée
- Hétérosporie définitivement acquise
- Pollinisation anémophile
- Fécondation « Aquatique »
  Liquéfaction des cellules du col de l'ovule
  Anthérozoïdes encore ciliés mais non nageurs
- Dissémination des ovules → Gaspillage (Seul un petit nombre sera fécondé)

Réserves sont accumulées avant la fécondation
- Développement continu de l'embryon

Ovule
Ensemble formé par :
- Le macrosporange (+/- entouré de feuilles protectrices)
- La macrospore prothallisée

Ex prothalle ♀ = Endosperme Tissu de réserve
Tissus du macrosporange = Nucelle

Grain de pollen
Est à lui seul le gamétophyte mâle.
Taille réduite : pour faciliter la pollinisation
Miniaturisation : Quelques cellules prothalliennes et seulement deux anthérozoïdes

Feuilles sporangifères ♂ = Etamines
Microsporanges = Sacs polliniques

Organisation du grain de pollen :

Pollinisation et fécondation
L'anthérozoïde tombe dans l'eau provenant de la liquéfaction pour rejoindre oosphère et la féconder.

LES CONIFERES

Appareil végétatif :
- Végétaux ligneux à port cônique caractéristique
  Arbres, Arbustes
- Apparition des Méristèmes secondaires
- Canaux sécréteurs d'oléorésines : « Résineux »
- Feuilles de petite taille en forme d'aiguilles, d'écailles ou de lames
- Feuilles persistantes (Les caduques perdent leurs feuilles)
  Sauf chez le *Mélèze* ou le *Cyprès* chauve
- Vaisseaux imparfaits à ponctuations aréolées

La feuille des Conifères

- Aiguilles :
    - Insérées une à une sur les rameaux longs (If, Epicéa, Sapin)
    - Insérées en verticilles sur les rameaux longs (Genévrier)
    - Groupées sur des rameaux courts (Pin, Mélèze, Cèdre)
- Ecailles (Thuya, Cyprès)
- Lames (Araucaria)

Appareil reproducteur :

- Végétaux caractérisés par leur cycle de développement
- Plantes à **ovules nus**, juste posés sur des écailles ovulifères
- **Fécondation complètement indépendante de l'eau**
- Apparition du **tube pollinique**
- **Dissémination d'être vivants**
- **Embryon dans la graine se développe de façon discontinue**
  (Période de vie ralentie, dormances)
- Végétaux caractérisés par leur cycle de développement
  Deux apports fondamentaux à l'évolution
- Fécondation complètement indépendante de l'eau
  Apparition du tube pollinique
- Apparition de la graine qui se développe de façon discontinue
  Provient de la transformation de l'ensemble :
  macrosporange-macrospore prothallisée ET jeune embryon

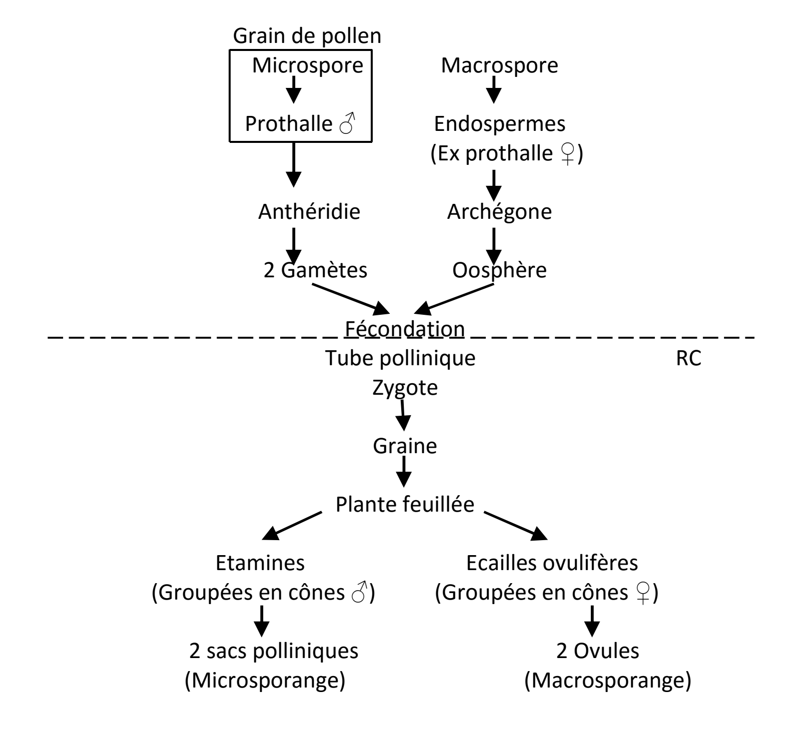
La plante ne dissémine plus que ce qui a une chance de redonner un nouvel individu
La graine attend les bonnes conditions pour germer

Les points faibles :

- Tissu de réserve synthétise avant la fécondation
  Endosperme (Tissu à n chromosome) au niveau de chaque ovule
- Ovules nus posés sur les écailles ovulifères
  En contact direct avec l'atmosphère
- Pièces sexuelles groupées en cônes
  « Conifères »
- Etamines regroupées e cônes ♂
- Ecailles ovulifères regroupées en cônes ♀
  Pomme de Pin

Les espèces Monoïques : Cône ♀ et cône ♂ portés par le même rameau

Cycle de développement des Conifères



Grain de pollen (n)

Trois générations successives de cônes ♀

- 1ère année : Pollinisation
- 2ème année : Fécondation
- 3ème année : Graine mûre (Graines aillés)

Lenteur des mécanismes sexuels : Il n'existe pas d'espèces annuelles chez les Conifères

Principales variations

Ils s'observent principalement au niveau du cône femelle
Cas du Genévrier : Les 3 écailles ovulifères portant les ovules deviennent concrescentes et charnues (« Baie » de Genièvre)
Cas de l'If : A maturité, le tégument de la graine s'entoure d'une excroissance charnue ou **Arille** (Espèce dioïque : Il y a un pied mâle et un pied femelle)

Les Conifères (Gymnospermes)
Importance

- Végétaux dominants à l'ère secondaire
  Apogée au Jurassique (20 000 espèces)
- Plus que 600 à 1000 espèces réparties en 7 à 8 familles
- Flore dominante des grandes forêts de l'hémisphère Nord
- Aménagement du territoire (Parcs)
- Utilisation du bois (Pâte à papier), de la résine (Colophane, essence de térébenthine)
- Propriétés antitumorales (Taxol) de l'If du Pacifique (***Taxus brevifolia***)

Classification

- Pinacées : Pin, Sapin, Mélèze, Cèdre, Epicéa
- Cupressacées : Cyprès, Genévrier
- Taxacées : If du Pacifique : *Taxus brevifolia*
- Araucariacées : Araucaria

Ephedra : Zone sèches, montagne et méditerranée
Gnetum : Lianes tropicales
Welwitschia : Désert du Namib en Afrique australe. Espèce néoténique

- Vaisseaux parfaits (Trachées)
- Micro- et macrosporophylles protégées par des enveloppes bractéennes
  → Rappelle la eur des Angiospermes
- Etamines à filet

Mais :

- Organes reproducteurs séparés
- Pas de double fécondation

<u>ANGIOSPERMES</u>

Plantes à ovaire

- Groupe immense 250 000 à 300 000 espèces groupées en 400 à 500 familles
- Morphologie très variable : Arbres, arbustes, herbes…
- Sont partout dominantes à l'échelle du globe

Apport fondamentaux :

- Carpelles (= Ecailles ovulifères) entourent complètement les ovules
  Notion d'ovaire qui se transforme en **Fruit** après fécondation
- Organes reproducteurs sont groupés en Fleurs bisexuées

- Double fécondation → Albumen (Tissu de réserve à 3n chromosomes)

Autres caractères nouveaux
- Miniaturisation extrême des gamétophytes
  - Prothalle femelle (= Sac Embryonnaire) réduit à 7 cellules et 8 noyaux
  - Prothalle mâle réduit à 2 cellules (Cellule végétative et cellule reproductrice du grain de pollen)
  - Anthéridie et archégone virtuels
- Appareil végétatif perfectionné
  - Ramification latérale
    Chaque rameau est axillé par une feuille modifiée
    Souvent caduque appelée **Bractée ou stipule**
  - Formes herbacées et annuelles
  - Vaisseaux parfait

L'appareil végétatif
Extrême diversification

Maturité sexuelle plus rapide
Brassage chromosomique accéléré

L'appareil reproducteur
De la fleur au fruit
1. Pollinisation (Vent, insectes)
2. Fécondation (Double)
3. Fructification (Formation du fruit)

- Protection des ovules
- Mécanismes d'auto-incompatibilité
- Guidage du tube pollinique

Dissémination des graines

La fleur : organe bisexué

Le Diagramme florale

La formule florale

- Fleur pentacyclique trimère
  3S + 3P + (3+3)E + 3C
  (3+3)T + (3+3)E + 3C
- Fleur tétracyclique pentamère
  5S + 5P + 5E + 2C

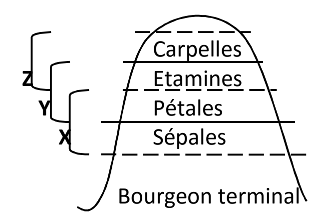
Evolution de la fleur des Angiospermes

Espèce primitive	Espèce évoluée
Insertion en spirale	Insertion en verticilles
Grand nombre de pièces florales	Nombre réduit de pièces florales
Passage insensible des feuilles aux sépales etc…	Ex : calice trimère
	Corolle pentamère

Alternance régulière des pièces florales

Modification du réceptacle floral

Modèle ABC de la différenciation florale
Arabidopsis thaliana
3 protéines sont responsables de la différenciation florale



Inflorescences simples à croissance indéfinie

Variantes de la grappe

- Epi (Poacées)
- Ombelle (Apiacées) : Toutes les fleurs partent du même point (Ex : la carotte)
- Corymbe : Toutes les fleurs sont dans le même plan du à la longueur variable des pédoncules floraux (Ex : le poirier)
- Capitule (Astéracées) : Les fleurs en spirale avec les plus récentes au centre

Inflorescences simples à croissance définie

Cyme bipare (Caryophyllacées)

Variante de la cyme bipare :

- Cyme unipare (Borraginacées) : (Un coté)
- Cyme unipare helicoïde (Alternance gauche/droite)
- Glomerule : Cyme très condensée (Lamiacées) : Rangé de fleur à différent niveau

Inflorescence complexes

Inflorescences d'inflorescences

- Inflorescences complexes Homogènes
  Grappe de grappes
  Epi d'épis
- Inflorescences complexes Hétérogènes
  Cyme d'ombelles d'ombellules

La fleur des Angiospermes

De la fleur au fruit

1. Pollinisation
   Organes reproducteurs groupés en Fleurs bisexuées
2. Fécondation

Double fécondation → Albumen
Miniaturisation extrême des gamétophytes
3. Fructification
Ovaire se transforme en Fruit après fécondation

La pollinisation

- Fleur hermaphrodite à la fois ♂ et ♀
- Fleur unisexuée ♂ ou ♂
  - Sur une même plante → espèces monoïques
  - Sur des plantes différentes → espèces dioïques
- Pollinisation anémophile
  Pollinisation par le vent, beaucoup moins précise
  Pollinisation entomophile (Co-evolution)
  Pollinisation très fréquente par les insectes (80%)
  Sécrétion de nectar dans des nectaires
- Auto-incompatibilité
  Rejet par le pistil du pollen d'un même individu
  Favorise le brassage chromosomique
- Séparation des sexes dans l'espace
  - Espèces dioïques
  - Espèces monoïques (Fleurs unisexuées)
- Séparation des sexes dans le temps
  - Grain de pollen et ovule ne sont pas mûrs en même temps

La double fécondation
Miniaturisation extrême du gamétophyte

Les 2 sacs polliniques d'une même loge fusionnent. Tout autour la couche cellulaire se déshydrate et il y aura libération mécanique du grain de pollen.
La double fécondation

Ici 2 téguments (Le nombre de téguments dépend des espèces)
Le tissu de réserve est produit seulement lorsqu'il y a eu fécondation

Les différents types d'ovules

Orthotrope considéré comme archaïque
Anatrope le plus évolué : le chemin parcouru par le tube pollinique est moindre

La notion d'ovaire

L'ovaire est un ensemble de carpelle
Au centre de la fleur le nombre de stigmate correspond à son nombre de carpelle

Les différents types d'ovaires

Un seul carpelle

n Carpelles

Les différents types de fruits

Ovule → Graine (Qui renferme l'embryon)
Paroi de l'Ovaire → Paroi du Fruit = Péricarpe (Sec ou charnu, déhiscent ou indéhiscent (plus évolué))

Fruits Déhiscents Les plus primitifs	**Fruits Indéhiscents** Les plus évolués
Multiséminés	Uniséminés

Dissémination des graines	Dissémination des fruits
Secs, Charnus	Secs, Charnus

Un fruit contenant un grand nombre de graine vont se gêner lors de la germination contrairement à un fruit contenant une seul graine.

DEHISCENCE	Ovaire simple	Ovaire composé CAPSULE
Ventrale (ou structurale)		
Dorsale		
Paraplacentaire		
Particulières		

Fruits secs déhiscents

- Follicule (Ex : *Ancolie, Hellébore*)
- Gousse (Ex : F. des *Fabacées : Pois*)
- Capsule
  - Septicide (Ex : *Euphorbe*)
  - Loculicide (Ex : *Saule*)
  - Poricide (Ex : *Coquelicot, Pavot*)
- Silique
  - Avec fausse cloison
  - Sans fausse cloison
- Pyxide
  - *Jusquiame*
  - *Mouron rouge*

Fruits secs indéhiscents

- Akène (Ex : Pissenlit, Clématite)
- Diakène (Famille des Apiacées)
- Tétrakène (Famille des Lamiacées et Famille des Borraginacées)
- Polyakène (Ex : Benoite, Renocule)
- Nucule : La paroi est épaisse et rigide (Ex : Noisetier)
- Samare (Ex : Orme, Frêne)
- Disamare (Ex : Erable)
- Caryopse : La graine est soudée. Si on agite on ne l'entend pas (F. des Poacées)

Les différents types de fruits

Fruits secs		Fruits charnus	
Déhiscents Multiséminés	**Indéhiscents** Uniséminés	**Déhiscents** Multiséminés	**Indéhiscents** Uniséminés
Follicule Gousse Capsule Silique Pyxide	Akène Nucule Samane Caryopse	Baie	Drupe

Fruits Charnue déhiscents

Fruits à pépins

- Baie
  - Baies comestibles (Vigne, Myrtille, Kiwi, Tomate…)
  - Baies toxiques (Muguet, Bellodone…)

- Péridonide (Baie cortiquée) (Famille des Cucurbitacées : Citrouille, Courge, Concombre, Melon)
- Hespéride (Famille des Rutacées : Orange)

Fruits charnus indéhiscents
Fruits à noyau
Partie Interne de la paroi ovarienne se lignifie constituant le noyau

- Drupe (Olive, Cerise, Pêche…)
- Drupe multiple (Drupéoles) (Mûrs, Framboise)

Deux modes de dissémination

- Fruits secs : Dissémination par le vent (ailes membraneuse) ou transport sur la toison des animaux (aigrettes plumeuses, crochets)
- Fruits charnus : Dissémination par pourrissement ou par les animaux (Passage dans le tube digestif)

Faux-fruits ou fruits composés
Quand une partie florale, autre que l'ovaire, entre dans la composition du fruit

- Ananas : Baies de l'inflorescence soudées entre elles, à leurs bractées et à l'axe central, devenus charnus
- Fraise : Nombreux akènes portés par un réceptacle floral hypertrophié devenu charnu
- Figue : Nombreux akènes contenus dans un réceptacle floral devenu charnu

Fruits Pomacés
Certains fruits de la famille des Rosacées (Poire, Pomme…)
Ovaire infère soudé au réceptacle floral qui devient charnu

Fruits Parthénocarpiques (Banane)
Formation du fruit sans fécondation

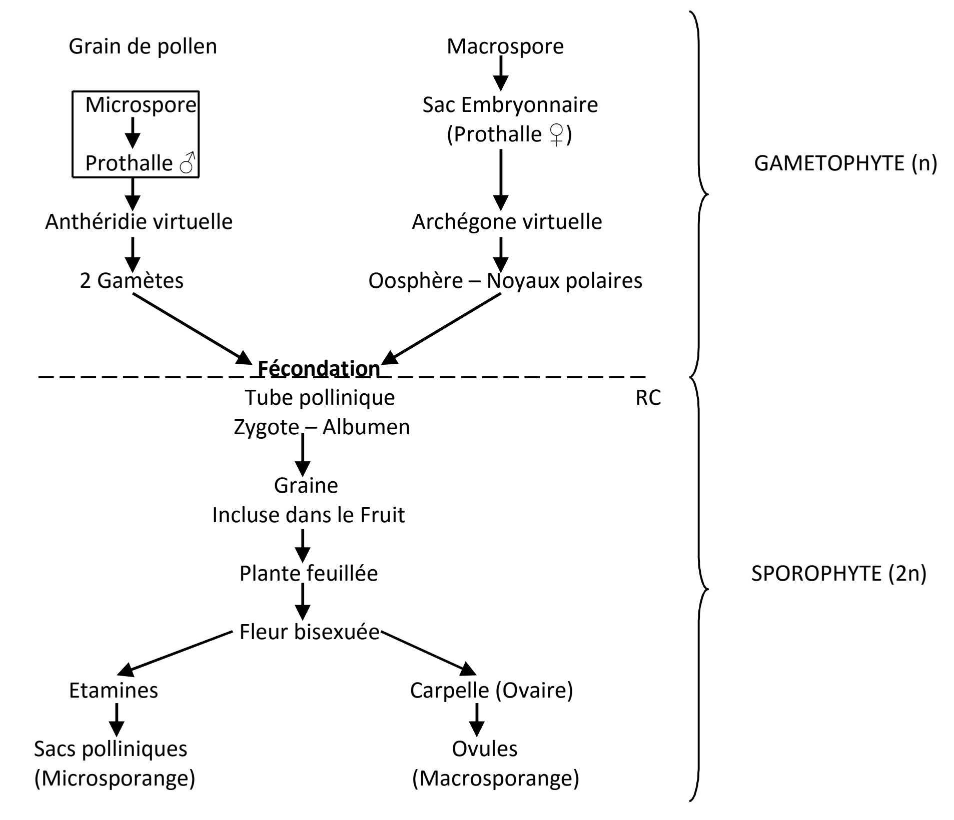
Les différents types de graines

Graine Exalbuminée (Le plus évolué) : L'embryon a digéré l'albumen et utilise l'énergie emmagasinée pour son propre développement
Graine à périsperme (Le moins évolué)

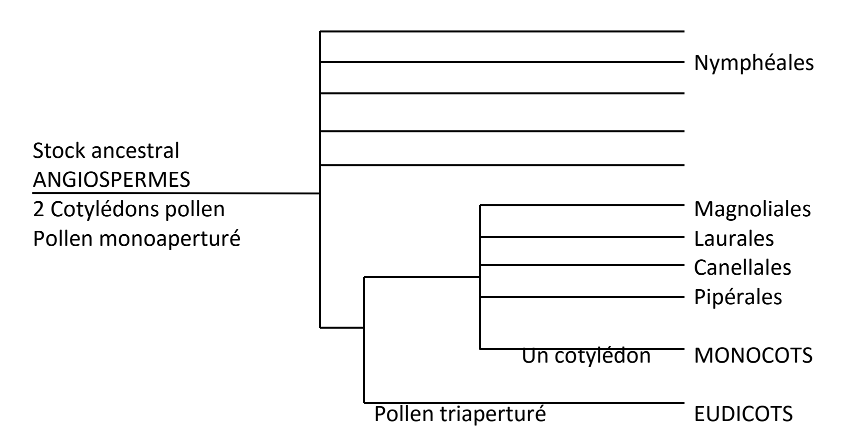
Attention à ne pas confondre

- Au niveau de l'ovule
  - Nucelle (2n)
  - Endosperme (n)
- Au niveau de la graine
  - Périsperme (2n)
  - Albumen (3n)

Cycle de développement des Angiospermes



Cladogramme des angiospermes (13ème éditions)



Critères de phylogénie

- Concrescences d'organes
  - Fleur dialypétales (Pétales libres) → Fleur Gamétopétale (Pétales soudés)
  - Fleur dialycarpellée (Carpelles libres) → Fleur gamocarpellée (Carpelles soudés)
  - Ovaire supère → Ovaire Infère (Soudure avec le réceptacle floral)
- Graine albuminée → Graine exalbuminée
- Espèces arborescentes ou tropicales → Espèces herbacées et de climat tempéré
- Fleurs régulières → Fleurs irrégulières
- Grand nombre de pièces florales → 5 pièces florales par verticille
- Plantes vivaces → Plantes annuelles
- Feuilles alternes (Isolées) → Feuilles opposées

<u>Classe des MONOCOTS</u>

Généralités

- 55 000 espèces 100 Familles
- Caractères archaïques
  - Grain de pollen monoaperturé
  - Fleur trimère
  - Graine à albumen persistant
- Caractères qui leur sont propres
  - Embryon à un seul cotylédon
  - Feuille toujours simple, réduite au pétiole
  - Pas de formation secondaire (~~Arbres, ramifications~~)
- Evolution simplificatrice → Limitation des possibilités d'adaptation
  Influence d'un habitat aquatique
- Familles les plus spécialisées et les plus cosmopolites
  (Familles des Orchidacées et Poacées)

Appareil végétatif

- Racines fasciculées, adventives
- Tige de type herbacé ne se ramifiant pas (Anatomie particulière)
- Feuilles simples à nervation parallèle

Appareil reproducteur

- Périanthe concolore → Tépales
- Formule florale
  (3+3)T + (3+3)E + 3C (AU CONCOURS 100%)
- Ovaire composé pluriovulé (Baie, Capsule)
  Fruits multisséminés
- Inflorescences souvent composées (Grappe, Cyme…)
  Possibilité de ramifications

La feuille des Monocots

Classe des Monocots

Classification

- Monocots archaïques

F. des Alismatacées
F. des Aracées
- Monocots typiques 32 000 epèces et 45 familles
  F. des Liliacées
  F. des Orchidacées
- Monocots évoluées
  F. des Arécacées
  F. des Poacées et F. des Cypéracées
  F. des Musacées

ALISMATACEES

- Plantes archaïques
  Xylème avec des trachéides à ponctuations scalariformes
  Pièces florales disposées en hélice
  Carpelles indépendants
- Parvenues jusqu'à nous car protégées par leur habitat aquatique
  Ex : Saggitaire, remarquable par son trimorphisme foliaire

Zostères et Posidonies
« Herbiers » marins des bords côtiers peu profonds des mers tempérées (Reserve de carbone, de nourriture, héberge des petits poissons…)

ARACEES

- Plantes herbacées majoritairement tropicales
- Inflorescence protégée par une bractée très développé
  Arum (Adapté aux régions tempérées
- Plantes majoritairement toxiques, parfois alimentaires (Ex : Taro)
  Monstera, philodendron : Plantes ornementales d'appartement

Lentilles d'eau : Plus petites plantes à fleurs. L'inflorescence ne comprend que 3 fleurs entourées d'un spathe

LILIACEES

Co-évolution plantes-Insectes
- Famille cosmopolite groupant plus de 3500 espèces
- Caractères généraux des Monocots
- Herbes vivaces par un rhizome ou un bulbe
  Liliacées printanières de nos régions
- Quelques formes « Arborescentes » tropicales
  Yucca des déserts du Mexique
  Aloès d'Afrique du Sud
- Plantes lianescentes
  Ex : *Salsepareille*
- Plantes à cladodes
  Ex : *Petit Houx*
- Feuilles banales parallélinerves
- Fleurs complètes
- Fruit est une capsule ou une baie

Appareil végétatif
Liliacées « Arborescentes » des pays chauds
Tige lianescente Ex : *Salsepareille*
Tige « Arborescente » : Tige herbacée rendue rigide par une intense lignification et un élargissement du méristème apical
Ex : *Dragonnier, Yucca, Aloes*

Appareil végétatif
Liliacées herbacées de nos régions
Plantes rhizomateuses
Rhizomes = Tige souterraine poussant horizontalement, Feuille

réduites à des écailles, sans chlorophylle
Rhizome monopodique
Rhizome sympodique *Sceau de Salomon*
Plantes bulbeuse
Bulbe = Tige souterraine très courte poussant verticalement, Feuille gorgées de réserve
Ex : *Lis*

(Un bulbe permet à la plante d'être vivace mais le bulbe est moins efficace qu'un rhizome puisse qu'il se fatigue)

Les différents types de bulbe

- Bulbe solide (Surévolution : le plus évolué)
  Permet de comprendre le passage du bulbe au rhizome
- Bulbe tuniqué
- Bulbe écailleux

Bulbes **vivaces** → **Bisannuels** (Oignon) ou **annuels** (Ail, Echalote)
Evolution régressive compensée par des phénomènes de multiplication végétative

Multiplication végétative des bulbes
Caïeu : développement d'un bourgeon axillaire en petit bulbe

Appareil reproducteur

- **Inflorescence variable**

- Fleur terminale solitaire (*Tulipe*)
- Epi ou Grappe (*Jacinthe*)
- Ombelle (*Oignon*)

- **Structure florale constante**
  (3+3)T + (3+3)E + 3C
- **Concrescence ou non des tépales, des filets des étamines**
- **Pollinisation entomophile** (Co-évolution plante insecte)
  Fleurs très voyantes, riche en nectar
- **Ovaire supère**
- Soudure +/- poussée des carpelles et Nature du fruit
  Fruit déhiscent sec ou charnu

Styles libres
- Capsule septicide (Dehiscence ventral)
  - *Colchique*

Styles soudés
- Capsule loculicide (Dehiscence dorsal)
  - *Lis*
  - *Tulipe*
  - *Ail*
  - *Jacinthe*
- Baie
  - *Asperge*
  - *Muguet*
  - *Sceau de Salomon*

- **Rares variations de la structure florale**
  - Fleurs unisexuées (Espèce dioïques) (*Petit Houx, Asperge*)
  - Fleur sur le type 4 (*Parisette*)
  - Tendance à la zygomorphie (Pas d'axe de symétrie) (*Lis*)

Importance
Intérêt pharmaceutique
- *Aloès* (Adoucissant, purgatif)
- *Colchique* (Mitoclasique, antigoutteux)
- *Scille* (Diurétique)
- *Muguet* (Tonicardiaque)

Intérêt alimentaire
- *Ail, Oignon, Poireau, Echalote, Asperge*

Intérêt horticole
- *Lis, Tulipe, Jacinthe, Fritillaire*

Plantes de familles voisines
- *Amaryllis, Jonquille, Agave*
- *Iris, Crocus* (Ovaire infère) (le Safran)

FLEUR ACTINOMORPHE (Régulière)

FLEUR ZYGOMORPHE (Irrégulière)

ORCHIDACEES

Co-évolution plante insecte par Excellence
- Seconde famille des plantes à ovaires (22 000 espèces)
- **Flore dominante dans les régions intertropicales**
- **Famille sophistiquée** caractérisée par

- **Graine sans albumen**
- **Fleur entomophile zygomorphe**

- Famille notamment des
  - *Orchis* : **Eperon nectarifère**
  - *Orphys* : **Fleur prend l'aspect d'un insecte**
  - *Vanillier* : « **Gousses** » de vanille
- Mode de vie très varié → Modification de l'appareil végétatif

Appareil végétatif

Plantes herbacées vivaces

- **Lianescentes** (*Vanillier*)
- Epiphytes (Utilise un autre végétal comme support) possédant des **racines aériennes**
  Espèces tropicales et équatoriales
- **Terrestres à Rhizome**
  Cas des pseudo-tubercules chez *Orphys* et *Orchis*

Plantes Mycorhiziennes

- **Symbiose** (Association bénéfique pour les deux individus) avec le mycélium des champignons du genre Rhizoctonia
  Germination des graines
  Développement des pousses successives
  Cas d'un parasitisme *Néottie « Nid d'Oiseau*

Appareil reproducteur

- **Fleur zygomorphe** de formule
  (3+3)T + 3E + 3C
- Périanthe constitué de sic tépales vivement colorés
- Différenciation d'un tépale en Labelle
  - Rôle attractif
  - Rôle « d'aire d'atterrissage »

  Pièce dorsale devenue, en apparence, ventrale
  Résupination : Torsion de 180° du pédoncule floral ou de l'ovaire
- Androcée réduit aux 3 étamines ventrales (En apparence dorsales)
  3 Etamines fertiles → 1 Etamine fertile et 2 staminodes
  Filet de la ou des étamines soudé au style du gynécée
  Organe mixte appelé **Gynostème**
- **Ovaire infère tricarpellé uniloculaire**
  Style soudé au(x) filet(s) de la ou des étamine(s)
  2 stigmates fertiles et une stérile nommé **Rostellum**
  → **Pollinisation croisé** (Cas de la Vanille)
- **Pollen libre** → Pollen aggloméré en **tétrade** puis en **Pollinies**
  Attachées au rostellum (Bursicule) par le caudicule et le rétinacle
- Fruit → **Capsule à déhiscence paraplacentaire**

Fleur et pollinisation

Rétinacle = substance gluante

Le Gynostème chez les orchidées

Dans le cas des Orchis et Ophrys la Pollinie bascule avec l'arrivée de l'insecte sur le labelle

Quelques orchidées : Sabot de Vénus, Orchis singe, Orchis homme pendu, Ophrys abeille, Ophrys araignée, Ophrys mouche

Fruit d'orchidée
Capsule à déhiscence paraplacentaire
6 fentes de déhiscence

ARECACEES

Caractères généraux

- Famille des Palmiers
  Paysages tropicaux : Iles, Bords de mer
- Structure herbacée mais port « Arborescent »
  Palmier dattier Datte est une baie
  Palmier à huile, Palmiers-joncs
  Cocotier Noix de Coco est une drupe à enveloppe fibreuse
  Aréquier Fruit ou Noix d'Arec est utilisé en pharmacie

POACEES
Adaptation à l'anémophilie

Caractère généraux

- Famille particulière dans le règne végétal
- 9000 espèces constituant la flore dominante sur des zones entières du globe

Prairie, Savane, Steppe, Pampa
- Famille de céréales (Espèces alimentaires et fourragères)
  Blé, Orge, Avoine, Mais, Riz, Sorgho, Mil…
  Enorme importance économique
- Poacées constituent le fond de nos gazons, pelouses alpines, pâturages
- Canne à sucre (Moelle sucrée)
- Bambous

Appareil végétatif
- Plantes herbacées de faible dimension
- Plantes annuelles ou vivaces par un rhizome
- Tige, creuse et cylindrique, appelée « chaume »
  Tige renflée au niveau des nœuds
- Feuilles distiques, ligulées, à gaine fendue en avant et faux-limbe parallélinerve
- Racines fasciculées prenant naissance à la base de la tige
  Possibilités de Tallage

Appareil reproducteur
- Inflorescence élémentaire
  - Epillets sessiles portés par un axe commun
  - Epillets pédicellés portés par des pédoncules ramifiés formant une grappe

Schéma de l'épillet

2 glumes/Epillet
2 glumelles/Fleur
2 glumellules/Fleur

- Fleur de dimension réduite
  Portant la marque d'une spécialisation poussée (Anémophilie)
  - Un verticille de 3 étamines médifixes à long filet
  - Ovaire uniloculaire et uniovulé surmonté de 2 stigmates plumeux (Pour élargir la surface du stigmate afin de favoriser la captation du pollen)
- Fruit = Caryopse (La graine n'est pas libre)
  Akène dont la paroi est intimement liée au tégument de la graine
- Graine renferme un albumen amylacé (Riche en amidon) → Farine
- Embryon extraire (Embryon collé/sous les téguments de la graine pour une germination facilitée)

CYPERACEES

Caractère généraux
- Famille des Carex et des Souchets
- Port graminoïde
  Pollinisation anémophile
  Périanthe réduit (Comparable aux glumellules)
  3E, 3C, ovaire uniloculaire
  Fruit est un akène, albumen amylacé
- Mais pas de chaume (La tige reste pleine et ne se creuse pas), d'épillet (Inflorescence caractéristique des Poacées), de caryopse…
- Habitat aquatique
- Aucun intérêt économique (Feuilles riches en silice, graines très petites)
  Exception : *Cyperus papyrus* (Feuille de papier)

Tableau comparatif
Poacées/Cypéracées

MUSACEES
Caractères généraux
- Herbes géantes tropicales d'aspect « Arborescent »
- Fleurs évoluées comme celles des Orchidacées
  Fleur zygomorphe à ovaire infère

- Pollinisation assurée par de petits vertébrés
- Grandes feuilles à nervation (Pseudo nervure centrale)
  Plantes de familles proches : *Canna, Strelitzia, Gingembre*

CLASSE DES PALEODICOTS

- 9000 espèces
  30 familles réparties en plusieurs ordres
  Seules 3 familles sont numériquement importantes
  - Annonacées 1 200 espèces
  - Lauracées 2 500 espèces
  - Pipéracées 3 000 espèces
- Ensemble archaïque
  - Feuilles simples et sans stipule
  - Réceptacle floral bombé
  - Nombreuses pièces florales disposées en hélice
    oo S-P + oo E + oo C (Insertion en spirale) (n = Insertion en verticille)
  - Pas de distinction nette entre sépales et tépales
  - Carpelles indépendant

CLASSE DES PALEODICOTS
Nymphéales

Plantes aquatiques cosmopolites
- Nénuphar
  - Tépales et étamines insérés en hélice
  - Pollinisation par des coléoptères broyeurs
- Badianier de Chine
  - Fruit riche en essence d'anis stimulant de l'appétit et de la digestion

Magnoliales et Laurales…
Plantes ligneuses (Arbres, arbustes)
Habitat tropical ou subtropical
Appareil sécréteur fréquent
- Magnolia : Réceptacle floral bombé sur lequel s'insèrent de nombreuses pièces florales en hélice
- Cannelier : Ligneux tropicaux à propriétés aromatiques
- Camphrier : Huiles camphrée (Ecorce) Antiseptique pulmonaire
- Avocatier
- Laurier-sauce : Région temérées. Non toxique : Bouquets garnis
- Muscadier : Noix de Muscade
- Boldo : Essence à propriété cholagogue

Ordre des Pipérales (Arbustes/Herbes tropicales)
- Poivrier : Riche en essences. Regroupement des fleurs en épis condensés. Fruit (Baie monosperme ou Drupe) = Grain de poivre